



# ENERTRAG- HYBRIDKRAFTWERK

KURZBESCHREIBUNG

## INHALT

1. Projektziel	Seite. 4
2. Wasserstofferzeugung und -verstromung	5
3. Hintergrund Elektrolyse	5
4. Aufbau und Funktion des Hybridkraftwerks	6 - 7
5. Leistungs- und Regelpotential des Hybridkraftwerks	8
6. Beschreibung der Betriebsmodi	8
6.1 Betriebsmodus Wasserstoffproduktion	8
6.2 Betriebsmodus Grundlast	9 - 10
6.3 Betriebsmodus Prognose	11 - 12
6.4 Betriebsmodus EEX-Einspeisung oder Spitzenlast	13
7. Investitionen und Arbeitsplätze	14
8. Weitere beteiligte Unternehmen	14 - 15
9. Bauplan	15

---

„Das Leben der Bürgerinnen und Bürger wird sich in den nächsten Jahren verändern – damit wir energiebewusster leben, weniger Energie verbrauchen und gleichzeitig die wirtschaftliche Grundlage für den Industriestandort Deutschland erhalten.

Der Energiemix wird sich auch verändern – hin zu mehr erneuerbaren Energien. Denn wir wissen: Mit erneuerbaren Energien können wir nicht nur neue Technologien für den Export schaffen, sondern auch Teile unserer Energieversorgung in Deutschland verändern.“

Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel

---

## 1. PROJEKTZIEL

Das ENERTRAG-Hybridkraftwerk soll im Betrieb den praktischen Nachweis erbringen, dass eine sichere und nachhaltige Energieversorgung auf Basis von Erneuerbaren Energien – speziell der Windenergie – möglich ist.

Das Kraftwerk erzeugt Wasserstoff klimaneutral mit Hilfe von Windenergie und setzt ihn bei Bedarf wieder zur Stromerzeugung ein. Dadurch kann Erneuerbare Energie bedarfsorientiert in das Stromnetz eingespeist werden. Die Lastprognose – eine wichtige Größe für das Management eines Stromnetzes – soll mit Hilfe des Hybridkraftwerks soweit verfeinert werden, dass die Abweichung der realen Stromproduktion von der gewünschten Stromproduktion auf ein Minimum sinkt.

Das Kraftwerk zeigt, wie Erneuerbare Energieanlagen, für die eine Lastprognose und Online-Steuerung existiert, mit Wasserstofftechnik gebündelt werden können. Diese Technologie öffnet das Tor für die langfristige, an der Nachfrage orientierte Vermarktung Erneuerbarer Energie und ihren Einsatz als sogenannte Regelenergie. Diese Regelenergie wird stets für den Ausgleich von Bedarfs- und Angebots-

schwankungen im Stromnetz benötigt. Darüber hinaus eröffnet sich mit dem Direktabsatz von Wasserstoff in Industrie und Verkehr ein weiterer wirtschaftlich und technologisch sehr attraktiver Markt mit sehr großem Volumen.

Wasserstoff kann als CO<sub>2</sub>-freier Kraftstoff im Verkehrssektor eingesetzt werden. Hier werden ab dem Jahre 2009/2010, entsprechend einer Konzeption des BMU und des BMVBS, in Größenordnungen serienreife Produkte auf den Markt kommen, die den Bedarf an Wasserstoff sprunghaft steigen lassen. ENERTRAG hat im Rahmen dieses Programms bereits mit TOTAL Deutschland GmbH einen Kooperationsvertrag zur Erforschung des Potentials und der Gestehungskosten von Wind-Wasserstoff abgeschlossen.

## 2. WASSERSTOFFERZEUGUNG UND VERSTROMUNG

Das Herzstück des ersten Hybridkraftwerkes wird ein 500-kW-Druck-Elektrolyseur sein, der aus Windstrom durch Elektrolyse von Wasser Sauerstoff und Wasserstoff erzeugt.

Das Hybridkraftwerk wird im ENERTRAG-eigenen Stromnetz integriert, so dass in Zeiten begrenzter Abnahmekapazität im Stromnetz Wasserstoff aus dem nicht abgenommenen Strom erzeugt wird. Dadurch sinkt die Einspeiseleistung und nähert sich somit an den Verbrauch an.

Bei hohem Strombedarf wird der Wasserstoff mit Biogas gemischt und in zwei 350 kW Blockheizkraftwerken mit hohem

Wirkungsgrad CO<sub>2</sub>-neutral in Strom umgewandelt und in das Netz eingespeist. Die Blockheizkraftwerke erzeugen aus dem Wasserstoff-Biogas-Gemisch zudem Wärme, die zusätzlich genutzt wird.

Zur Optimierung der Anlagensteuerung in allen Szenarien hat die ENERTRAG AG eine innovative Software entwickelt, die das gesamte System unter Berücksichtigung aller relevanten Parameter laufend analysiert. Dafür wird die verfügbare Leistung basierend auf örtlichen Winddaten (stündliche Werte) und einer Standardkurve für die in einem Windpark installierten Windkraftanlagen berechnet (Stundenwerte).

## 3. HINTERGRUND ELEKTROLYSE

Im vergangenen Jahrzehnt rückte die Elektrolyse – vor dem Hintergrund der Herstellung von Wasserstoff aus Erneuerbaren Energien – zunehmend in den Fokus einer nachhaltigen und importunabhängigen Energieversorgung.

Der entscheidende Vorteil der Wasser-

elektrolyse ergibt sich aus der Möglichkeit der direkten Anbindung an regenerative Energiequellen (Windkraft, Photovoltaik, Wasserkraft) und der Möglichkeit, als regelbarer Energieverbraucher die schwankende Energieerzeugung der regenerativen Energieerzeugungsanlagen auszugleichen (Netzintegration). Elektrolyseure sind in

der Lage, unmittelbar auf ein verändertes Leistungsangebot zu reagieren und können so nicht nur Wasserstoff erzeugen,

sondern auch zur Netzregelung verwendet werden.

## 4. AUFBAU UND FUNKTION DES HYBRIDKRAFTWERKS

Die Konfiguration des Gesamtsystems (Hybridkraftwerk) stellt folgende Funktionen sicher:

- Erzeugung von Wasserstoff mit Hilfe der Elektrolyse
- Erzeugung von elektrischer und thermischer Energie
- Vergleichmäßigte Energieabgabe an das elektrische Einspeisernetz
- Erhöhung der Prognosesicherheit der Energieabgabe ins elektrische Einspeisernetz

Das Hybridkraftwerk setzt sich aus folgenden Hauptkomponenten zusammen:

**1. Netzgekoppelte Windkraftanlagen** der ENERTRAG AG (bis zu 500 kW Leistung können mit Elektrolyseanlage und Nebengeneratoren geregelt werden). Drei Windenergieanlagen mit je 2 MW Nennleistung sind über ein Mittelspannungskabel mit der Elektrolyseanlage direkt elektrisch verbunden. Dieses Mittelspannungskabel ist eingebunden in das Mittelspannungsnetz,

welches über das Umspannwerk Bertikow direkt in das 220kV-Höchstspannungsnetz der Vattenfall Europe Transmission GmbH einspeist.

### 2. Elektrolyseur

- Gasproduktion: 120 Nm<sup>3</sup>/h Wasserstoff, 60 Nm<sup>3</sup>/h Sauerstoff
- Gasreinheit Wasserstoff: 99,997%
- Ausgangsdruck: atmosphärisch (ca. 15-20 mbar)

### 3. Kompressor

- Medium: Wasserstoff
- Kapazität: 2x 60 Nm<sup>3</sup>/h Wasserstoff
- Ausgangsdruck: 31 bar (a)
- Stationärer Gasspeicher, bestehend aus: 5 Stück Druckbehälter mit einem Gesamtfassungsvermögen von 1.350 kg Wasserstoff bei 31 bar(a)

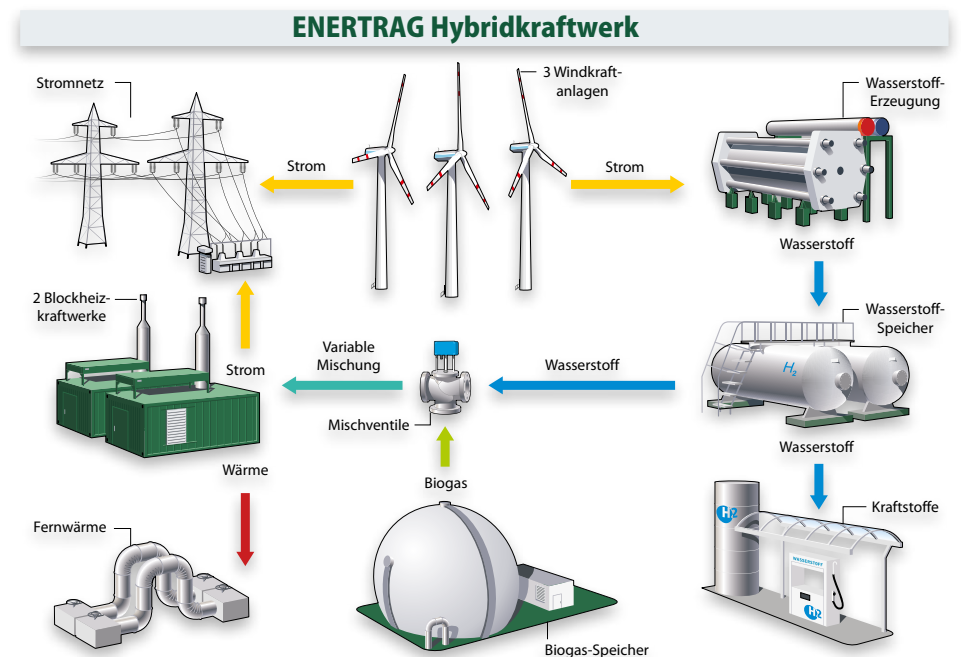
### 4. Zwei Blockheizkraftwerke (BHKWs)

- Mischgas aus min. 30% Biogas + max. 70% Wasserstoff / das Mischungsver-

hältnis variiert je nach Bedarf - eine Erhöhung des Biogasanteiles bis auf 100% ist möglich

- Art der Stromerzeugung: voll inselnetz-fähig
- Leistung (el): max. jeweils 350 kW (je nach Gasgemisch)
- Leistung (th): max. jeweils 340 kW
- Elektrische Spannung: 230 V/400 V, 50 Hz

Jedes BHKW erzeugt ca. 2.776 MWh elektrische und ca. 2.250 MWh thermische Energie pro Jahr. Geplant ist die Einspeisung der Wärme in das Netz der Stadt Prenzlau. Diese Wärmemenge ist dann ausreichend, um 80 Einfamilienhäuser zu beheizen.



Grafik: Michael Römer

## 5. LEISTUNGS- UND REGELPOTENTIAL DES HYBRIDKRAFTWERKS

Damit das Hybridkraftwerk seine Arbeitsweise an den Strombedarf anpassen und das Stromnetz effektiv unterstützen kann, sind zwei Aspekte entscheidend:

1. Wie das Kraftwerk Leistungssenken ausgleicht. Das sind beispielsweise Zeiten mit wenig Wind bei gleichzeitig hohem Strombedarf.

2. Wie das Kraftwerk Leistungsspitzen kappt. Das sind beispielsweise Zeiten, in denen die Windkraftanlagen viel Strom erzeugen, während der Strombedarf vergleichsweise niedrig ist.

Das Kraftwerk ist so konzipiert, dass seine Einzelkomponenten in Abhängigkeit vom Strombedarf verschiedene Aufgaben übernehmen können. Dafür werden sie von der Software laufend überwacht und gesteuert. Man spricht dabei vom gesamten positiven und negativen Regelleistungspotential der Anlage.

Durch die geplanten Mischgas-BHKWs mit je 350 kW ergibt sich ein negativer Leistungshub (Ausgleich von Leistungssenken), durch den Elektrolyseur ein positiver Leistungshub (Kappen von Leistungsspitzen) von 500 kW.

## 6. BESCHREIBUNG DER BETRIEBSMODI

Je nach Bedarf kann das Kraftwerk in unterschiedlichen Modi betrieben werden:

- Wasserstoffproduktion
- Grundlast
- Prognose
- Spitzenlast oder EEX

## 6.1 BETRIEBSMODUS WASSERSTOFFPRODUKTION

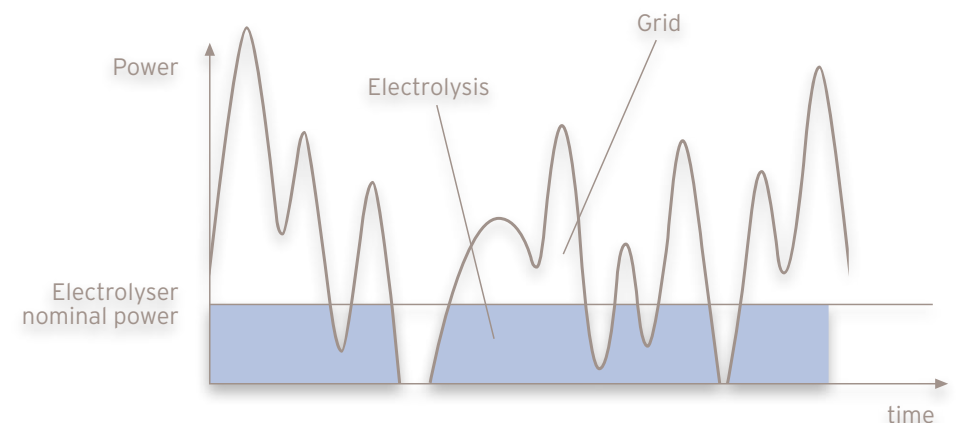
Im Betriebsmodus Wasserstoffproduktion wird das Hybridkraftwerk im Sinne einer Produktionsanlage für Wasserstoff betrieben. Ziel ist es, mit den bestehenden Komponenten und dem verfügbaren Energiepotential (Windprofil) eine größtmögliche Menge Wasserstoff oder mindestens eine zugesicherte Menge an Wasserstoff zu erzeugen.

Nutzen:

- CO<sub>2</sub>-neutrale Erzeugung von Wasserstoff
- Dezentrale Bereitstellung von Wasserstoff mit allen damit verbundenen Vorteilen wie der Vermeidung teurer Energietransporte auf Wasser, Straße und Schiene

Charakteristika des Betriebsmodus:

- Konstante tägliche Wasserstoffbereitstellung
- Hauptentscheidungsmerkmal ist der Füllstand des Wasserstoffspeichers
- Maximale Auslastung der Elektrolyseure
- Bei zu wenig Wind speist das Biogas-BHKW zu Teilen den Elektrolyseur
- Bei kritisch vollem Tank wird der Elektrolyseur mit kleinster Leistung betrieben
- Bei vollem Tank befindet sich der Elektrolyseur in Standby
- Mischgas-BHKW wird in diesem Modus nicht genutzt
- Vom Elektrolyseur nicht genutzte Windenergie wird direkt ins Netz gespeist



Funktionsschema Wasserstoffproduktion

## 6.2 BETRIEBSMODUS GRUNDLAST

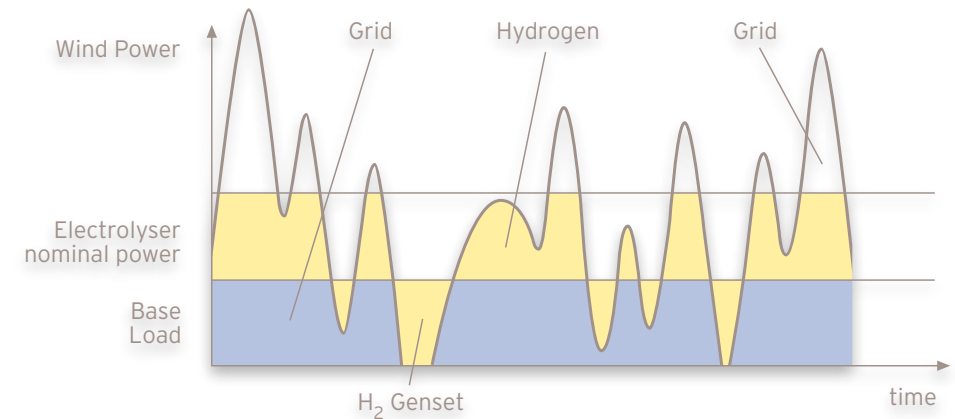
Der Betriebsmodus Grundlast folgt dem Ziel, eine konstante elektrische Leistung unabhängig vom Windaufkommen zu garantieren. Die Schwankungen im Windprofil werden vom Hybridkraftwerk ausgeglichen. Dabei wird die nicht bedarfsgerecht erzeugte Energie in Wasserstoff umgewandelt und zwischengespeichert. In Schwachwindphasen wird der Wasserstoff mit dem Biogas in den BHKW-Motoren zur Stromproduktion verwendet. Aus Sicht des elektrischen Energieversorgungsnetzes wirkt das Hybridkraftwerk wie ein Grundlastkraftwerk.

Nutzen:

- Entkopplung des elektrischen Energieversorgungsnetzes vom schwankenden Windangebot
- Planbare Leistungseinspeisung
- Effektive Ausnutzung der elektrischen Leitungskapazität
- Inklusive der Vorteile der dezentralen Wasserstoffproduktion

Charakteristika des Betriebsmodus:

- Konstante Leistung wird über einen definierten Zeitraum bereitgestellt
- Hauptentscheidungsmerkmal ist die garantierte elektrische Abgabeleistung
- Liegt die momentane Windenergieanlagenleistung über der garantierten Abgabeleistung, wird die überschüssige Leistung vom Elektrolyseur aufgenommen
- Weitere überschüssige Leistung kann durch Pitchen (Leistungs senkung der Windkraftanlagen durch Verstellung der Rotorblätter) begrenzt werden
- Liegt die momentane Windenergieanlagenleistung unter der garantierten Abgabeleistung, wird der Wasserstoff über die Mischgas-BHKW rückverstromt und das Leistungsdefizit damit ausgeglichen



Funktionsschema Grundlast

## 6.3 BETRIEBSMODUS PROGNOSE

Ein möglichst genaues Nachfahren der prognostizierten Hybridanlagenleistung wird im Betriebsmodus Prognose angestrebt. Für den Netzbetreiber bedeutet dies, dass die Leistung der Anlage genau planbar ist.

Auf Basis der Windvorhersagewerte und unter Berücksichtigung des maximalen

Regelpotentials des Hybridkraftwerks wird acht Stunden im Voraus eine Stundenwertprognose für die Leistungseinspeisung des Hybridkraftwerks abgegeben. In der Folgeperiode fährt das Kraftwerk diese Vorgabewerte ab. Die Funktionsweise ähnelt dabei dem Grundlastmodus, wobei der garantierte Leistungseinspeisewert stündlich variiert.

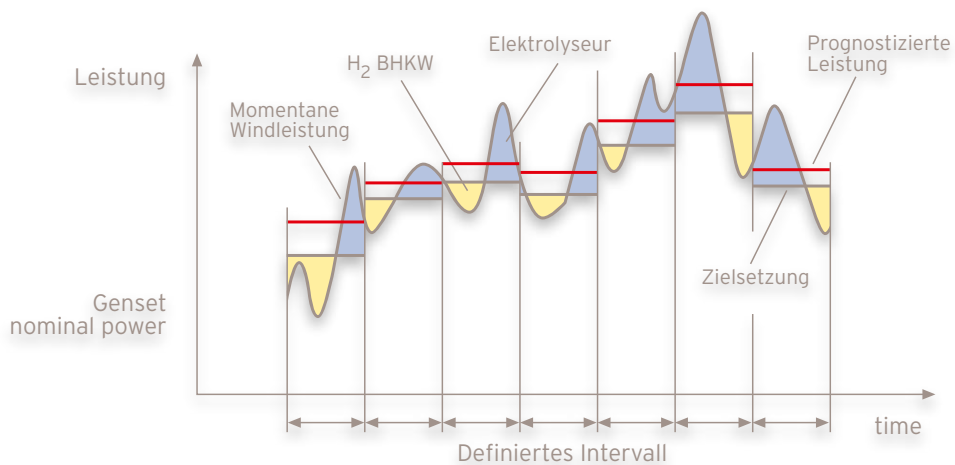
Nutzen:

- Nahezu hundertprozentige Zusicherung der prognostizierten Leistung
- Planbarer Netzbetrieb
- Inklusive der Vorteile des Grundlastmodells und der reinen Wasserstoffbereitstellung

- Hauptentscheidungsmerkmal ist die prognostizierte Windanlagenleistung
- Stundenprognose wird für acht Stunden im Voraus abgegeben
- Leistungsprognose des Hybridkraftwerkes berücksichtigt die internen Verluste und den aktuellen Speicherfüllstand

Charakteristika des Betriebsmodus:

- Prognostizierte konstante Leistung wird innerhalb von Stundenzeitrastern konstant gehalten



Funktionsschema Prognose

## 6.4 BETRIEBSMODUS EEX-EINSPEISUNG ODER SPITZENLAST

Dieser Betriebsmodus orientiert sich bei der Bestimmung der Einspeiseleistung an den erzielbaren Einspeisevergütungen (z.B. der EEX). Werden vorgesezte Mindestvergütungen überschritten, stützt das Hybridkraftwerk das Netz. In der restlichen Zeit wird Windenergie zwischengespeichert oder direkt in das Netz eingespeist.

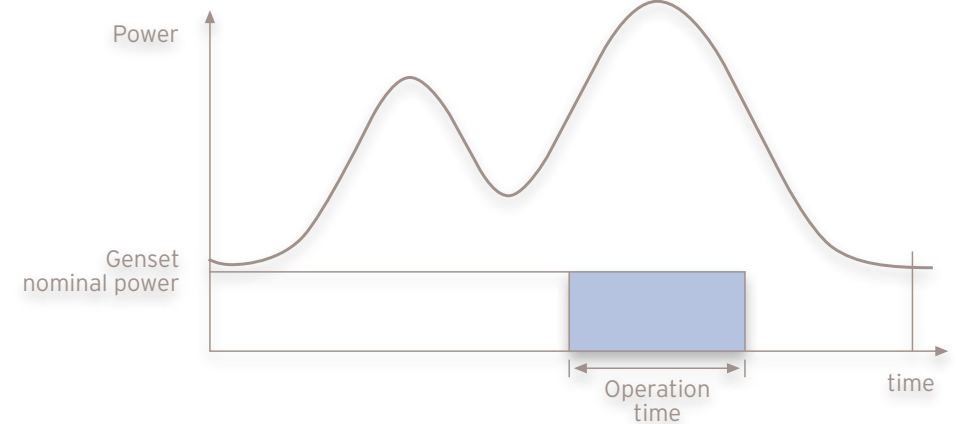
Nutzen:

- Marktintegration der erneuerbaren Energien

- Erzeugungsanpassung an den Bedarf elektrischer Leistung im Netz
- Aktive Netzunterstützung

Charakteristika des Betriebsregimes:

- Prognostizierte konstante Leistung wird innerhalb von Stundenzeitrastern konstant gehalten
- Hauptentscheidungsmerkmal ist der Markt
- Einspeiseprognose wird 24 Stunden im Voraus abgegeben



Funktionsschema EEX-Einspeisung oder Spitzenlast

## 7. INVESTITIONEN UND ARBEITSPLÄTZE

Die Gesamtinvestitionen für alle am Vorhaben beteiligten Anlagenteile betragen über 21 Mio. Euro. Gefördert wird das Pilotprojekt im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe Ost und nach dem 7. Rahmenplan für FuE vom Land Brandenburg. ENERTRAG stellt aus eigenen Mitteln für die Erforschung und Entwicklung des Hybridkraft-

werkes über 2 Mio. Euro zur Verfügung.

In Verbindung mit der Entwicklung, dem Bau und dem späteren Betrieb des Hybridkraftwerkes werden bei ENERTRAG zehn qualifizierte Arbeitsplätze gesichert und sechs neue Arbeitsplätze geschaffen.

## 8. WEITERE BETEILIGTE UNTERNEHMEN

TOTAL Deutschland GmbH ist ein weltweit agierender Mineralölkonzern, der sich schon frühzeitig der Nutzung erneuerbarer Energien verschrieben hat. Die Verwendung von Wasserstoff als Energieträger für der Mobilität wird durch eine sehr enge Kooperation mit BMW auf ihre Praxistauglichkeit untersucht.

Die ELT GmbH wurde im Jahr 1995 von zwei der führenden Wasserelektrolysespezialisten gegründet. Mit dieser Gründung übernahm ELT die herausragenden Erfahrungen und das Kernpersonal aus dem Bereich der BAMAG und LURGI Elektrolyseure. Die Ingenieure verfügen über mehr als 30 Jahre Erfahrung in weltwei-

ten Wasserelektrolyseprojekten, allen damit verbundenen und verwandten Aktivitäten vom Grundentwurf bis hin zur Inbetriebnahme, dem Anfahren sowie der Instandhaltung der Anlagen.

Die BTU Cottbus ist konzipiert als eine forschungsintensive Universität mit einer starken Anwendungsorientierung, die sich auch als Antriebskraft für die wirtschaftliche Entwicklung im Land Brandenburg versteht. Ein exzellentes Bildungs- und Forschungsangebot im Rahmen des Profils einer Technischen Universität garantiert den sofortigen Transfer von Forschungsergebnissen und Innovationen in die Wirtschaft.

An der Fachhochschule Stralsund gibt es umfangreiche Forschungsaktivitäten. Hauptsächlich betreibt die Hochschule anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung. Der Schwerpunkt liegt auf der praxisbezogenen Zusammenarbeit von Wissenschaft auf der einen sowie Unternehmen auf der anderen Seite. Die Ergebnisse der Forschung fließen unmittelbar in die Lehre ein und sichern so deren Aktualität.

Die NOW GmbH Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie ist von der Bundesregierung beauftragt worden, das „Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie“ zu koordinieren und inhaltlich umzusetzen. Ebenfalls bewertet die NOW die Demonstrationsprojekte und wählt verschiedene Projekte zur Förderung aus.

## 9. BAUPLAN

Die Genehmigung für das ENERTRAG-Hybridkraftwerk wird über mehrere verschiedene Antragsverfahren erwirkt.

1. Teil Wind - Antrag nach BImSchG, Genehmigung wird im April 2009 erwartet;
2. Teil Biogasanlage mit BHKW - Antrag nach BImSchG, Genehmigung liegt vor seit Januar 2009;
3. Teil Elektrolyse - Antrag nach BauGB und BBgBO - Genehmigung wird für den Sommer 2009 erwartet;
4. Gastrasse und Kabeltrasse - öffentliches

Beteiligungsverfahren mit Einzelgenehmigungen der unteren Naturschutzbehörde, der unteren Wasserbehörde und Zustimmungen der betroffenen Träger öffentlicher Belange, Beteiligungsverfahren wurde durchgeführt.

Der Baubeginn der ersten Teilgewerke erfolgt am 21.04.2009. Die Fertigstellung des Gesamtprojektes ist für das Frühjahr 2010 vorgesehen. Bereits Mitte 2010 soll die Inbetriebnahme und Einfahrphase der Gesamtanlage abgeschlossen sein.

ENERTRAG Aktiengesellschaft  
Gut Dauerthal  
17291 Dauerthal  
Deutschland

Fon: 0049 (0)39854 6459-0  
Fax: 0049 (0)39854 6459-430

WWW.ENERTRAG.COM  
ENERTRAG@ENERTRAG.com

